SULLA RIFLESSIONE

DEI

RAGGI DI FORZA ELETTRICA

RICERCHE SPERIMENTALI

DI

A. GARBASSO

TORINO
CARLO CLAUSEN
Libraio della R. Accademia delle Scienze
1893

Quando si vuol rendere conto della riflessione della luce al suo arrivare alla superficie di separazione di due mezzi differenti, si suol procedere così: si suppone che il raggio incidente sia dovuto ad uno scuotimento avvenuto in un punto luminoso L; si ammette che una serie di punti A, B, C, D, E, F, G... posti sopra la superficie riflettente xy vengano messi in vibrazione dalla perturbazione che ha la sua origine in L; si
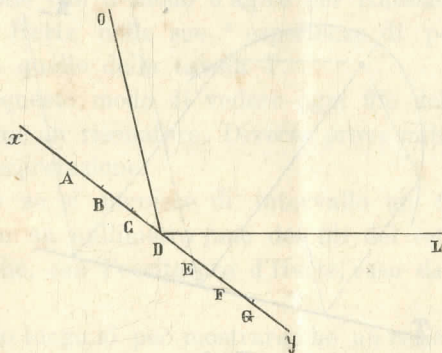
Fig. 1.

calcola l'azione di queste onde elementari su un punto O in cui si pensa collocato l'occhio di un osservatore e si dimostra che le cose devono accadere in O come se lo scuotimento gli arrivasse da quell'unico punto D di xy per cui l'angolo di incidenza e l'angolo di riflessione sono uguali.

Al punto L si sostituisca un eccitatore, alla superficie xy uno strato di risonatori, un risonatore anche si imagini in O; il ragionamento medesimo di poc'anzi ci persuade che il raggio di forza elettrica si deve riflettere su xy, che la sua riflessione

deve accadere come pel caso della luce. Ho verificato con la esperienza questa previsione della teoria.

L'eccitatore impiegato era identico a quello che Hertz descrive nella memoria classica *Ueber Strahlen elektrischer Kraft,* ed era munito di uno specchio parabolico conveniente.

La superficie riflettente fu una tavoletta (T) di legno di m. 1,75 per 1,25; su essa in sei righe orizzontali disposi 186 risonatori rettilinei senza intervallo, tutti uguali, costituiti da un filo di rame terminato da due dischi di latta.

Il filo è lungo 20 cm., spesso cm. 0,14; i dischi hanno cm. 3,8 di diametro.

Un risonatore (R) identico, ma provvisto di intervallo con punta e pallina, serviva per la ricerca del raggio riflesso.

Disposta l'esperienza come mostra la figura 2, si hanno in R delle scintille vivacissime, quando l'eccitatore R e i risonatori di T sono paralleli.
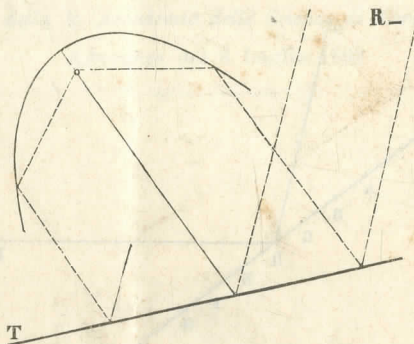
Fig. 2.

Se T si fa girare nel suo piano, in modo da inclinare i suoi risonatori, le scintille in R vanno diminuendo e cessano quando essi risonatori sono divenuti normali alla loro posizione primitiva.

La cosa si poteva prevedere perchè in questo caso, essendo i risonatori di T normali alla forza, non si può produrre in essi movimento d'elettricità.

Si verifica che la riflessione è regolare e non diffusa con l'esperimento seguente. La tavola T, verticale, è sospesa ad una fune in modo che possa girare intorno ad essa come asse,

e precisamente è messa in posizione tale che, teoricamente, il raggio riflesso verrebbe a battere sul risonatore R; la si sposta dalla posizione d'equilibrio d'una ventina di gradi e la si lascia oscillare liberamente. Si osserva allora che le scintille in R non sono continue, ma ricompaiono ad ogni mezza oscillazione nell'istante in cui la tavoletta ripassa per la posizione di riposo.

L'esperienza della riflessione riesce benissimo anche impiegando lo specchio ricevitore d'Hertz, la si può fare p. e. tenendo i due specchi con gli assi normali, e la tavola inclinata a 45° su entrambi.

La tavola T può anche servire a produrre l'onda stazionaria: il risonatore R permette di riconoscere l'esistenza di due nodi abbastanza chiari, uno sulla superficie riflettente, l'altro che ne dista da 32 a 38 cm.: impiegando una tavola di piccole dimensioni come quella che ho adoperato io, non ci si può aspettare di più.

È probabile che il modo d'agire per riflessione dei reticoli impiegati da Hertz nelle sue " esperienze di polarizzazione " sia identico a quello della tavola T.

Secondo questo modo di vedere ogni filo del reticolo funzionerebbe come un risonatore. Diverse prove militano in favore di questa interpretazione.

Anzitutto se si munisce di intervallo un filo lungo due metri e spesso un millimetro (uno dei fili del reticolo d'Hertz) si riconosce che, con l'eccitatore d'Hertz, esso dà delle scintille molto chiare.

In secondo luogo si può mostrare che un reticolo non agisce se i suoi elementi non sono capaci di risonare. Dopo aver verificato che un risonatore rettilineo spesso un millimetro e lungo 5 cm. non era eccitato dal primario che io impiegavo, ho tagliato i fili d'un reticolo simile a quello d'Hertz, portando via un centimetro ogni cinque: in queste condizioni il reticolo non riflette e non assorbe i raggi di forza elettrica.

Gli esperimenti che ho descritto fin qui si possono considerare come una verificazione indiretta del principio di Huyghens.

*
* *

Si ha indizio di raggio riflesso, benchè non così chiaramente come con R, impiegando risonatori di periodo anche assai dif-

ferente; ora io ho dimostrato in un mio lavoro precedente, che un dato risonatore non vibra se non per l'azione di onde che hanno lo stesso suo periodo, dunque bisogna conchiudere che " quando più risonatori sono messi come sulla tavola T molto vicini gli uni agli altri le cose succedono *come se* la loro radiazione fosse multipla ".

È interessante dal punto di vista teorico riconoscere quale sia la causa a cui si deve ascrivere questa multiplicità del raggio riflesso.

Si sa che Sarasin e De la Rive hanno mostrato con l'esperienza che la radiazione dovuta ad una vibrazione fortemente smorzata è multipla: che la cosa debba essere così si riconosce facilmente col calcolo che segue.

Esistono, come è noto, le due uguaglianze:

$$[*] \quad \left\{ \begin{aligned} \int_0^\infty \cos c\lambda\, e^{-c'\lambda}\, d\lambda &= \frac{c'}{c^2 + c'^2} \\ \int_0^\infty \sin c\lambda\, e^{-c'\lambda}\, d\lambda &= \frac{c}{c^2 + c'^2}, \end{aligned} \right.$$

e per mezzo di queste due, con qualche trasformazione, si può far vedere che è:

$$e^{-\varkappa t} = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\alpha \sin \alpha t}{\varkappa^2 + \alpha^2}\, d\alpha. \qquad (1)$$

Si faccia successivamente $k = a - bi$, ed $a + bi$; si troverà:

$$e^{-(a-bi)t} = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\alpha \sin \alpha t}{(a - bi)^2 + \alpha^2}\, d\alpha,$$

$$e^{-(a+bi)t} = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\alpha \sin \alpha t}{(a + bi)^2 + \alpha^2}\, d\alpha.$$

Sottraendo membro a membro e dividendo per $2i$ da una parte e dall'altra si ottiene:

---

(1) Vedi per esempio: Riemann-Hattendorff, *Partielle Differentialgleichungen*, 3ª ediz., pag. 31.

$$e^{-at}\sin bt = \frac{1}{\pi i}\int_0^\infty \sin \alpha t\, d\alpha \left\{ \frac{\alpha}{(a-bi)^2+\alpha^2} - \frac{\alpha}{(a+bi)^2+\alpha^2} \right\}$$

$$= \frac{1}{\pi i}\int_0^\infty \sin \alpha t\, d\alpha \,\frac{\alpha\{[(a+bi)^2+\alpha^2]-[(a-bi)^2+\alpha^2]\}}{[(a+bi)^2+\alpha^2]\,[(a+bi)^2+\alpha^2]}.$$

Il secondo membro non è imaginario che apparentemente. Infatti si ha:

$$\alpha\{[(a+bi)^2+\alpha^2]-[(a-bi)^2+\alpha^2]\} =$$
$$= ai\{[(\alpha+b)^2+\alpha^2]-[(\alpha-b)^2+a^2]\},$$

ed anche:

$$[(a-bi)^2+\alpha^2]\,[(a+bi)^2+\alpha^2] = [(\alpha-b)^2+a^2]\,[(\alpha+b)^2+a^2];$$

e però, sostituendo:

$$e^{-at}\sin bt = \frac{1}{\pi}\int_0^\infty \sin \alpha t\, d\alpha \left\{ \frac{a}{(\alpha-b)^2+a^2} - \frac{a}{(\alpha+b)^2+a^2} \right\}.$$

Alla stessa espressione si giunge per mezzo del teorema di Fourier, tutto si riduce allora ad eseguire l'integrale

$$\int_0^\infty e^{-Ay}\sin By \sin Cy\, dy$$

ciò che si fa facilmente, applicando due volte la prima delle [*].

Se un dato eccitatore è capace di far vibrare risonatori di periodo differente, la ragione sta in ciò che, caso per caso, entrano in giuoco diversi elementi dell'integrale, quegli elementi che sono prossimamente all'unissono col risonatore che si considera.

La quantità, che moltiplica $\sin \alpha t$, rappresenta l'ampiezza che si riferisce alla ondulazione di periodo $\frac{2\pi}{\alpha}$, come si vede essa è funzione di α, e ciò spiega perchè un dato eccitatore faccia vibrare certi risonatori meglio che certi altri.

Nel caso nostro l'esperienza sembra appunto indicare che la presenza simultanea di più risonatori vicini importa un rapido smorzamento dell'oscillazione in ognuno di essi.

Per dimostrare questo si può impiegare:

1. Il risonatore R descritto precedentemente;

2. Due schermi $s_1.s_2$ recanti ciascuno 90 risonatori di lunghezza d'onda 43 cm.

Si procede così: lo schermo s_1 messo a 45° davanti allo specchio primario è impiegato a riflettere la vibrazione.

Il risonatore R dà indizio di onde lunghe riflesse.

Allora fra s_1 e l'eccitatore si interpone s_2, le scintille in R sono fortemente indebolite.

Dunque le onde lunghe riflesse procedono dalle onde corte incidenti, e ciò non può avvenire che per smorzamento della oscillazione.

In conseguenza mi sembra sostenibile la conclusione che " la multiplicità della radiazione di uno schermo di risonatori è dovuta allo smorzamento dell'oscillazione ".

Questa proposizione dà immediatamente ragione di un fenomeno da me descritto in una nota che ebbe l'onore di essere presentata all'Accademia nello scorso marzo.

In quel mio lavoro facevo vedere come uno schermo di risonatori assorba quelle onde che sono capaci appunto di eccitare i risonatori che costituiscono lo schermo.

È facile vedere perchè ciò avvenga.

Le onde di lunghezza conveniente ai risonatori servono ad eccitarli, questi poi dànno alla loro volta una radiazione, ma per lo smorzamento che l'oscillazione subisce in ognuno di essi solo una piccola parte delle onde che costituiscono la radiazione ha la lunghezza delle primitive.

Probabilmente è questo il meccanismo dell'assorbimento elettivo della luce per azione dei corpi colorati.

* * *

Nelle condizioni ordinarie un risonatore ha radiazione monocromatica, per l'eccitatore invece si sa che la radiazione è multipla: si può domandare il perchè di questa differenza. Ora, come la teoria lo fa vedere, il decremento logaritmico dell'oscillazione per un dato circuito dipende, oltre che dalla capacità, dalla sua resistenza e dal suo coefficiente d'autoinduzione, propriamente cresce col crescere di quella e col diminuire di questo.

Nell'eccitatore d'Hertz è piccolo, relativamente, il coefficiente d'autoinduzione ed è grande la resistenza; si tratta di vedere quale dei due elementi ha un'azione preponderante.

Per questo ho costruito un risonatore identico all'eccitatore, aggiungendo solamente una pallina ed una piccola punta di platino: un tale risonatore si comporta a un dipresso come gli altri, permette di riscontrare i nodi nell'onda stazionaria e così via.

Dunque è alla grande resistenza dell'intervallo di scarica che si deve il notevole smorzamento dell'oscillazione primaria.

* * *

Riassumendo:

1. Uno schermo di risonatori è capace di riflettere i raggi di forza elettrica;

2. I reticoli d'Hertz riflettono per risonanza;

3. Il raggio riflesso è multiplo perchè la vibrazione nei risonatori di uno schermo è fortemente smorzata;

4. Il diverso comportamento dell'eccitatore e del risonatore (isolato) si deve alla resistenza dell'intervallo di scarica nel primo circuito.

Ringrazio caldamente il professore Naccari che durante la esecuzione di questo lavoro mi fu largo di consigli e d'incoraggiamenti.

Laboratorio di fisica dell'Università di Torino, Giugno 1893.